

纽氏钝绥螨、尼氏钝绥螨及其猎物 ——桔全爪螨生态学特性的比较研究*

夏育陆**

(广东省昆虫研究所, 广州)

摘 要

本文从天敌与猎物的种群内禀增长力, 天敌对猎物不同密度的功能反应及数值反应三个方面来评价和比较纽氏钝绥螨、尼氏钝绥螨对其猎物——桔全爪螨的控制作用。在五种温度下, 两种捕食螨的种群内禀增长力都大于桔全爪螨。它们对猎物的功能反应属Holling I型。尼氏钝绥螨的捕食量大于纽氏钝绥螨, 在25℃时两种捕食螨捕食量最大, 应用Rogers的模型能较好地试验结果进行模拟。尼氏钝绥螨对桔全爪不同虫态的取食不存在选择效应, 纽氏钝绥螨则嗜食若螨和幼螨。两种捕食螨对桔全爪螨的数值反应表明, 仅供给桔全爪螨雌成螨作为食物, 对两种捕食螨都不利, 尤其对尼氏钝绥螨更为明显。综上所述, 两种捕食螨能比较有效地控制桔全爪螨种群, 当猎物密度较高时, 尼氏钝绥螨控制效果优于纽氏钝绥螨, 但纽氏钝绥螨控制效果优于尼氏钝绥螨, 但纽氏钝绥螨田间种群数量比尼氏钝绥螨稳定。柑桔园中存在其它补充食物时对这两种捕食敌有利。

关键词: 纽氏钝绥螨, 尼氏钝绥螨, 猎物, 天敌。

前 言

纽氏钝绥螨(以下称纽氏螨 *Amblyseius newsami* Evans)及尼氏钝绥螨(以下称尼氏螨 *A. nicholsi* Ehara)是我国南方柑桔园中最重要的植绥螨。桔全爪螨是柑桔最主要害虫。本文比较系统地研究了三种螨在不同温度下的种群内禀增长力, 探讨了两种捕食螨对桔全爪螨在不同密度时的功能反应和数值反应以及两种捕食螨对猎物不同虫态的取食选择效应。

功能反应和数值反应是由Solomon提出的⁽¹⁾。按照Solomon的定义, 功能反应是在不同的猎物密度下, 每个捕食者与猎物量的关系。数值反应则是捕食者数量与猎物密度的关系。Holling认为功能反应和数值反应都是有上限的⁽²⁾。这样看来, 似乎捕食者对猎物在高密度时无能为力。但若同时比较捕食者与猎物的种群内禀增长力, 就可以发现, 许多捕食者对猎物在密度高时的捕食作用是有效的, 因为内禀增长力代表种群在一定条件下的变化速率。假如天敌的种群增长速度超过猎物种群的增长速度, 它就可以通过自身数量的增加而将猎物密度压低, 而这一点常被忽视⁽³⁾。由此可见, 将捕食者与其猎物的种群内禀增长力、捕食者对猎物的功能反应和数值反应综合起来评价天敌对猎物的控制作用比较全面。本研究旨在客观评价和比较纽氏螨、尼氏螨对桔全爪螨的控制作用, 找出这两种天敌之间的异同点和相互关系, 为合理用之控制桔全爪螨提供科学依据。

* 本研究在马世骏教授, 黄明度副研究员指导下完成。在工作中得到了岩钦、杜桐源、吴伟南老师及熊锦君同志的指导和帮助, 特此致谢。

本文系中国科学院科学基金资助课题内容之一。

** 现在安徽省森保总站工作。

本文于1987年1月21日收到。

材 料 和 方 法

1. 实验器具

(1) 塑料小室^[4] 供饲养桔全爪螨用，将螨连同柑桔叶片放在小室中，每星期换叶一次。每两天使泡沫吸水一次，以保持叶片水分。

(2) 饲养方盘 供饲养捕食螨用。在试验过程中定期向盘内加水，以保持水分。

2. 试验方法

(1) 不同温度对内禀增长力的影响 设 5 个处理温度：桔全爪螨为 15、20、25、30、35℃，两种捕食螨为 18、20、25、30、32℃。以皇后葵 (*Arecastrum romanzoffianum* Becc) 花粉作为捕食螨的食物，辅以 30% 的糖水，每两天更换花粉一次。

i. 温度对雌成螨产卵及存活的影响 产卵试验是在每一饲养器具内放入 8 小时内进入成螨的雌、雄成螨各 1 头，每处理重复 30 次。存活试验是在每一饲养器具内放入上述雌螨 10 头和雄螨 3 头，每处理重复 20 次。

ii. 温度对卵及幼、若螨存活率的影响 每一饲养器具内放桔全爪螨卵 50 粒，捕食螨卵 20 粒（均为 12 小时内产下的卵）。每处理分别重复 5 次、14 次。存活试验都是在每饲养器具内饲养 5 头，每处理重复 8 次。死亡率采用下式算出。

$$\text{某虫态的死亡率} = \frac{\text{该虫态的死亡数}}{\text{进入该虫态的活虫数}} \times 100\%$$

(2) 功能反应试验 选用进入成螨期后三天的捕食螨雌成螨作为试验材料，试验前断食 24 小时。每处理重复 9 次。

对桔全爪螨幼螨、若螨、雌成螨的捕食功能反应试验是分别将 1 头捕食螨的雌成螨与 12、9、6、3 头同一虫态的桔全爪螨放在塑料小室内，观察其捕食情况，每密度为一处理，每处理重复 19 次。

温度对功能反应的影响试验是分别在 15、20、25、30、32℃ 下，以捕食螨雌成螨和桔全爪螨雌成螨为材料，按上述方法进行。

捕食螨对桔全爪螨不同虫态的取食选择效应的试验方法是将上述三个虫态两两组合成一组，即幼螨/若螨，幼螨/雌成螨、若螨/雌成螨。每组的两虫态设五个不同的数量比，1:4，2:3，1:1，3:2 和 4:1，每组两虫态的虫数共 10 头。将 1 头捕食螨与上述不同比例的猎物放在塑料小室内，观察其对不同虫态的取食量。

(3) 数值反应试验 方法和试验(2)相同，设五个猎物密度：12、9、6、3 和 1 头。将一头进入成螨后二天的捕食螨雌成螨与上述不同密度的桔全爪螨雌成螨放在塑料小室内，每密度重复 19 次，记录产卵数和死亡数，并按猎物被食的量补充新的个体，以保证猎物密度不变。

上述试验均在恒温箱内进行，温差 ±0.5℃，相对湿度 70—90%，每日光照 12 小时。除未成熟期各虫态的存活试验为每 12 小时检查一次外，其余试验均每天检查一次。

数据分析在 Sharp-PC1500 和 Casio fx-102P 袖珍计算机上进行。

结 果 与 讨 论

1. 不同温度下三种螨的种群内禀增长力

(1) 温度对不同虫态存活的影响 从图1可见, 在25°C时, 桔全爪螨的存活率最高, 20°C时次之。高温对其存活最不利, 这可能是该螨在夏季种群数量较低的主要原因。在试验温度范围内, 温度对两种捕食螨存活影响不大。

(2) 温度对三种螨雌成螨产卵和存活的影响

为研究内禀增长力的方便, 我们以不同龄期的雌成螨在单位时间内的平均产雌数, 即龄期特征产雌数 (m_x) 来表达种群的繁殖力。另外, 据我们的观察和前人研究的结果, 桔全爪螨的雌、雄性比可认为是 65:35, 捕食螨则为 50:50, 两性的死亡机率相等。这样, 可据试验结果算出三种螨在 15(18), 20, 25, 30, 35°C (32°C) 下的龄期特征死亡率和龄期特征产雌数。在上述各温度下, 都以纽氏螨的产卵量最高, 寿命最长, 尼氏螨次之, 桔全爪螨最小。现将三种螨在 25°C 条件下雌成螨的年龄特征存活率 (均自第一粒卵产出之日算起) 和产雌数绘成图 2、3。由图可见, 三种螨

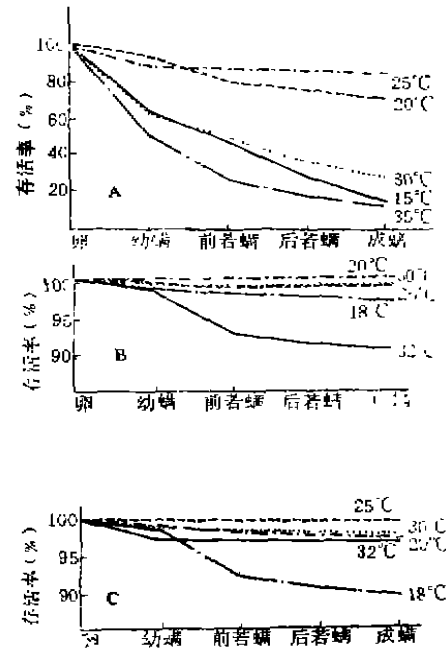


图 1 桔全爪螨尼氏螨和纽氏螨在不同温度下的存活率曲线
A. 桔全爪螨 B. 尼氏螨 C. 纽氏螨
Fig. 1 Survival rate curves of *P. citri* A, *nicholsi* and *A. newsamsi* at different temperatures

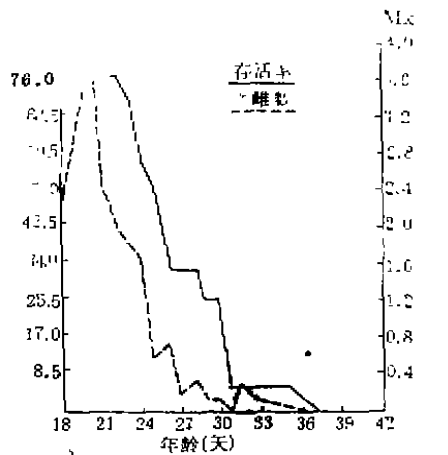


图 2 桔全爪螨在25°C下的年龄特征存活率 (L_x) 和年龄特征产雌数曲线
Fig. 2 Age-specific survival and oviposition rates of *P. citri* at 25°C

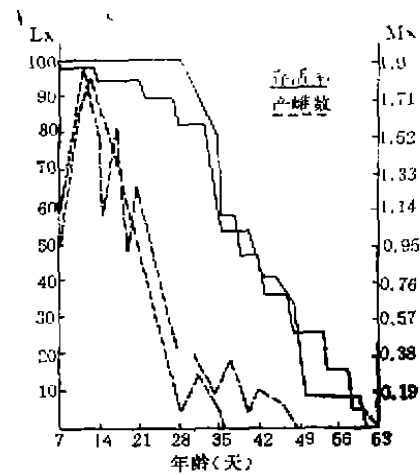


图 3 尼氏螨、纽氏螨在25°C下的年龄特征存活率和年龄特征产雌数曲线
Fig. 3 Age-specific survival and oviposition rates of the two species of predacious mites at 25°C

产雌数呈不同形式的波状曲线, 桔全爪螨约在产卵后第三天产雌数量最多, 尼氏螨和纽氏螨分别在第六天和第五天最多, 桔全爪螨在未成熟期死亡较多, 两种捕食螨的未成熟期死亡较少。三种螨的产卵量都是在20°C和25°C时较大, 在其他温度下产卵量均有不同程度的下降。

三种螨的产卵速率以桔全爪螨最大, 两种捕食螨的产卵速率大致相同。

(3) 繁殖特征生命表和内禀增长力 根据上述试验结果, 按照 Birch^[5] 的方法组建了三种螨的实验种群繁殖特征生命表, 然后计算出三种螨种群的几个重要参数值, 即平均历期 (T)、内禀增长力 (r_m) 和周限增长率 (λ)。平均历期是用下式求出的: $T = \sum x L_x M_x / R_0$ 。

式中的 L_x 是同一天产出的卵发育到 x 年龄时的存活率, M_x 是到 x 年龄时存活的雌成螨在该年龄的平均产卵数乘以雌性比率的积, R_0 是净繁殖率。

其余两个参数用下式求出:

$$r_m = \ln R_0 / T$$

$$\lambda = e^{r_m}$$

Birch指出^[5]: 在 r_m 较大, 产卵期比未成熟期长的种群中, 用这种方法估测的 r_m 值往往偏低。桔全爪螨的 r_m 较小, 且产卵期比未成熟期短, 可用此方法确定。两种捕食螨则需根据 Birch 建议的方程计算 r_m 的精确值^[5]:

$$e^{T r_m} \sum x L_x M_x = 1097 \quad (1)$$

式中 x 、 L_x 、 M_x 均取自种群繁殖特征生命表的相应数值。然后以比 r_m 计算值稍大的数代入 (1) 式中, 直至右边的值最接近 1097。

表 1 三种螨在不同温度下的 T 、 r_m 、 λ 值

Table 1 Values of several parameters of the potentialities of population increase of the three species of mites

温度 (°C)		15	18	20	25	30	32	35
T	桔全爪螨	45.230		29.414	21.001	15.806		12.907
	尼氏螨		19.560	17.760	12.250	8.430	10.736	
	纽氏螨		21.830	16.080	12.810	9.300	10.640	
r_m	桔全爪螨	0.012		0.089	0.125	0.055		-0.056
	尼氏螨		0.142	0.174	0.253	0.308	0.210	
	纽氏螨		0.154	0.180	0.261	0.290	0.247	
λ	桔全爪螨	1.028		1.093	1.133	1.056		0.946
	尼氏螨		1.153	1.190	1.288	1.361	1.234	
	纽氏螨		1.167	1.197	1.298	1.336	1.283	

从表 1 可知, 在试验温度下桔全爪螨的发育历期 (T) 最长, 两种捕食螨的发育历期相差不大。内禀增长力 (r_m) 以纽氏螨为最大, 桔全爪螨最小, 但两种捕食螨相差不大。周限增长率 (λ) 是由 r_m 值决定的, 因此也是以纽氏螨的 λ 值最大, 桔全爪螨最小。两种捕食螨的周限增长率在 30°C 时最高, 分别以逐日 1.336 和 1.361 倍的速度增长, 低于或高于此温度 λ 值均下降。

昆虫种群的增长不仅与其自身的产卵量多少有关, 而且还取决于存活率和发育速率, 而这些都是受环境因素影响的。内禀增长力综合反映出上述诸因素对昆虫种群的影响, 因此, 应比任一单项指标更能精确地表达昆虫种群的数量变化^[6]。从桔全爪螨及两种捕食螨的内禀增长力的比较来看, 只要基数不是太低, 这两种捕食螨是能比较有效地控制桔全爪螨种群的。桔全爪螨在 25°C 时内禀增长力最大, 说明该温度适于桔全爪螨的发生。

2. 两种捕食螨对桔全爪螨的功能反应

(1) 两种捕食雌成螨对桔全爪螨不同虫态的功能反应

对于功能反应的模拟,一般都采用Holling (1959) 提出的圆盘方程:

$$N_s = aNT / (1 + aT_H N) \quad (2)$$

Rogers (1972) 提出了模拟功能反应的另一种模型——随机捕食者方程 (Random predator equation) (7):

$$N_s = N[1 - e^{-a'(PT - T_H Na)}] \quad (3)$$

其中Na为捕获猎物数, N为猎物密度, T为实验时间, P为捕食者数, a'为单位时间攻击率, T_H为处理时间。近年来,一些学者采用此模型而不用Holling的模型,原因是该模型考虑到在实验过程中猎物被完全消耗后的情况 (8)。

表 2 两种捕食雌成螨对桔全爪螨不同虫态的功能反应的模拟结果

Table 2 Simulation results of responses of the two species of predacious mites to different prey densities of *P. citri*

猎物虫态		幼 螨	若 螨	雌 成 螨
a'	尼氏螨	0.226	0.171	0.198
	纽氏螨	0.123	0.259	0.027
T _H	尼氏螨	0.977	1.574	2.606
	纽氏螨	1.372	1.413	1.458

从表 2 可知,当取食桔全爪螨幼螨和雌成螨时,尼氏螨的单位时间攻击率(a')大于纽氏螨,取食若螨时则相反。尼氏螨取食幼螨时a'最大,纽氏螨取食若螨时a'最大。处理时间T_H似乎与猎物大小有关,虫体越大,T_H值越小。

(2) 温度对功能反应的影响

温度对功能反应的影响结果见(4), (5), (6)和(7)式。单位时间攻击率(a')和处理时间(T_H)与温度基本呈二次函数关系,尼氏螨和纽氏螨分别在25℃和30℃时a'值最大,温度升高或降低,a'值均下降。

$$a'_{\text{纽}} = \frac{1}{163.5720 - 7.5335x + 0.0939x^2} \quad (4)$$

$$T_{H\text{纽}} = 30.2665 - 2.4921x + 0.0537x^2 \quad (5)$$

$$a'_{\text{尼}} = -0.7966 + 0.0809x - 0.0017x^2 \quad (6)$$

$$T_{H\text{尼}} = 23.5910 - 1.5170x + 0.0261x^2 \quad (7)$$

将上述结果代入(3)式,得

$$Na_{\text{纽}} = N \left\{ 1 - e^{-\frac{1}{163.5720 - 7.5335x + 0.0939x^2} [24 - (30.2665 - 2.4921x + 0.0537x^2)Na]} \right\}$$

$$Na_{\text{尼}} = N \left\{ 1 - e^{(-0.7966 + 0.0809x - 0.0017x^2) [24 - (23.5910 - 1.5170x + 0.0261x^2)Na]} \right\}$$

Holling(1959)提出了功能反应的四个基本类型,本研究的结果大都属Holling II型,尼氏螨对桔全爪螨幼螨的功能反应似乎更符合I型。

有关植绥螨对其猎物的功能反应的大量研究表明,II型反应是最通常的形式 (9)。

(3) 两种捕食螨雌成螨对桔全爪螨不同虫态的取食选择效应

Fernando 指出: 在捕食者——猎物系统中, 捕食者对猎物不同虫态的捕食量一般是不等的, 不能仅根据对一个虫态的功能反应来估计在这类系统中对猎物各虫态的取食情况⁽⁸⁾。

Cock (1978) 提出了解决这类问题的方法。假定已知捕食者对猎物一个虫态功能反应的单位时间攻击率 a' 和处理时间 T_H 。那末, 在有二个虫态同时存在的系统中对一个虫态的捕食数就为:

$$Na_1 = N_1 [1 - e^{-a'_1(PT - T_{H1}Na_1 - T_{H2}Na_2)}] \quad (8)$$

$$Na_2 = N_2 [1 - e^{-a'_2(PT - T_{H2}Na_2 - T_{H1}Na_1)}] \quad (9)$$

式中参数的意义与 (3) 式相同, 下标 1、2 为二个不同的虫态。在这种情况下, 虫态 1、2 被取食的比例应是:

$$\frac{Na_1}{Na_2} = \frac{N_1 [1 - e^{-a'_1(PT - T_{H1}Na_1 - T_{H2}Na_2)}]}{N_2 [1 - e^{-a'_2(PT - T_{H2}Na_2 - T_{H1}Na_1)}]} \quad (10)$$

图 4 中的曲线就是将前述对单个虫态的功能反应 a' 值和 T_H 值代入 (10) 式的模拟结果, 圆点代表实际观察值。图中的横坐标代表一个虫态在猎物总数中所占的百分比 ($\frac{N_1}{N_1 + N_2} \times 100\%$),

纵坐标代表该虫态在所有被捕食的猎物中所占的百分比 ($\frac{Na_1}{Na_1 + Na_2} \times 100\%$), 45° 角虚线

表示不存在选择效应 (即两虫态被取食的机会相等)。

从图 4-a 可以看出纽氏钝绥螨雌成螨对桔全爪螨的若螨比雌成螨嗜食; 4-b 表明其对猎物的若螨和幼螨取食没有什么选择; 4-c; 则表示其对猎物的幼螨比雌成螨嗜食。这些结果说明纽氏钝绥螨对桔全爪螨不同虫态存在着选择效应。4-d—f 表明尼氏钝绥螨对桔全爪螨不同虫态随机取食。

单位时间攻击率 a' 和处理时间 T_H 是反映捕食作用大小的两个测度。天敌与猎物的种类, 虫体大小和数量以及环境条件均对其有明显的影晌, 一般来说, T_H 随猎物虫体变小和天敌虫体增大而下降。李超等的试验结果和本研究的结果基本上符合上述结论⁽¹⁰⁾。 a' 往往随着猎物虫体变小而增大, a' 值越大, 被取食的虫数就越多。

3. 两种捕食螨对桔全爪螨的数值反应

捕食者对猎物数值反应表现为二种形式: 1. 由于猎物密度的变化, 捕食者种群在繁殖率和存活率两方面都发生相应的变化。2. 捕食者根据猎物在栖境中的分布, 通过聚集反应 (aggregative response) 来调整自己的分布。

本研究探讨了桔全爪螨雌成螨在不同密度时对两种捕食螨产卵后 15 天内的总产卵量和存活率的影响。

从图 5 可以看出, 纽氏钝绥螨在猎物不同密度下的产卵量均大于尼氏钝绥螨, 但两者的总产卵量都较低。两种钝绥螨在猎物不同密度下的死亡率都很高, 在相同的猎物密度下, 尼氏钝绥螨的死亡率高于纽氏钝绥螨。在猎物密度为 9 头时, 两种捕食螨的死亡率最低, 当密度升至 12 头时, 死亡率又升高, 说明猎物在高密度时对捕食螨存在着干扰作用。上述结果表明, 仅以桔全爪螨雌成螨作为这两种捕食螨的食物会对其不利, 尤其是对尼氏钝绥螨。

功能反应和数值反应是有联系的, 只根据功能反应来评价天敌的作用可能会得出错误的

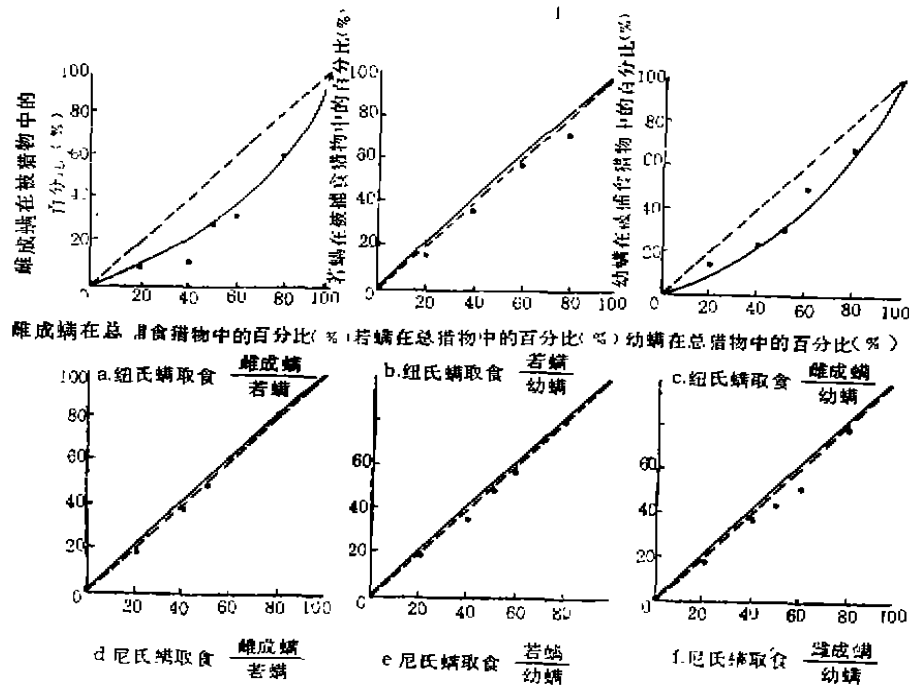


图 4 两种捕食螨雌成螨对桔全爪螨不同虫态的选择效应
Fig.4 Selective feeding on various prey stages by the adult female of the two species of predatory mites

结论, 但仅比较天敌与它的猎物的数值反应 (猎物的数值反应指的是猎物在单位时间内繁殖的后代数) 来对天敌进行评价也是不可靠的, 应将天敌与猎物的种群内禀增长力, 天敌对猎物的功能反应和数值反应综合考虑, 才能比较全面地评价天敌对猎物的控制作用。

结 论

综合以上研究结果可知, 两种捕食螨的种群增长速度比桔全爪螨快, 尼氏螨取食桔全爪螨的量超过纽氏螨, 但其对猎物的数值反应较弱, 连续取食桔全爪螨时死亡率高, 纽氏螨取食桔全爪螨的量虽不如尼氏螨大, 但其种群内禀增长力比尼氏螨稍高, 且其数值反应比尼氏螨强。因此, 只要基数不是太低, 两种捕食螨是能比较有效地控制桔全爪螨种群的。尼氏螨控制猎物的高密度种群的能力较强, 但当猎物密度较低, 别的食物又不足时, 其种群数量会急骤下降。纽氏螨在猎物密度不是很高时易发挥作用, 特别是桔全爪螨种群的组成以幼螨和若螨占多数时, 其效果可能更佳。与尼氏螨相比, 纽氏螨的种群数量会更稳定。在没有别的食物存在时, 两种捕食螨的控制效果可能都受到不同程度的影响。

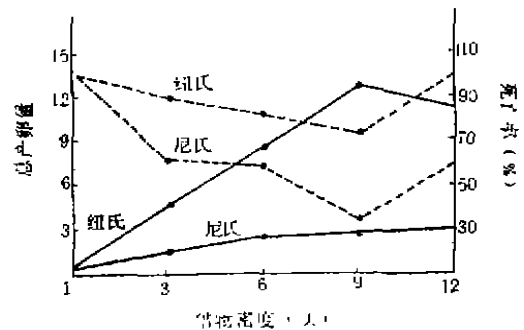


图 5 二种捕食螨在不同猎物密度下的总产卵量 (实线) 和死亡率 (虚线)
Fig.5 Number of eggs and mortality of the two species of predatory mites when various number of prey (*P. citri*) were supplied

参 考 文 献

- [1] Solomon, M. E., 1949, The natural control of animal population, *J. Anim. Ecol.* 18:1—35.
Holling, C. S., 1959, Some characteristics of simple types of predation and parasitism, *Can. Entomol.* 91:385—398.
- [2] Huffaker, C. B. et al., 1976, Ecology of tetranychus mites and their natural enemies: A review. I. Tetranychid populations and their possible control by predator: an evaluation, *Hilgardia* 40:391—458.
- [3] Takafuji, A. and D. A. Chant, 1978, Comparative studies of two species of predacious phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae), with special reference to their responses to the density of their prey, *Res. Popul. Ecol.* 17:225—310.
- [4] 黄明度, 1983, 农业螨类的抗性测定方法, 昆虫知识20(3).
- [5] Birch, L. C., 1948, The intrinsic rate of natural increase of an insect population, *J. Anim. Ecol.* 17:15—26.
- [6] 吴坤君等, 1980, 温度对棉铃虫实验种群生长的影响, 昆虫学报23(4): 358—367.
- [7] Rogers, D. J., 1972, Random search and insect population models, *J. Anim. Ecol.* 41:369—383.
- [8] Fernando, M. H. J. et al., 1980, Predator-prey response in an acarine, *system. Res. Popul. Ecol.* 22:301—322.
- [9] Logan, J. A., 1982, Recent advances and directions in phytoseiid population models, pp49—67 In M. J. Hoy (Ed.) *Recent Advance in Knowledge of the Phytoseiidae*, Agricultural Sciences publications Univ. of Calif, Berkeley 22pp.
- [10] 李超等, 1982, 草间小黑蛛对棉铃虫幼虫的捕食作用及其模拟模型的研究, 生态学报 2(3): 239—254.

COMPARATIVE STUDIES ON ECOLOGY OF TWO SPECIES OF PREDACIOUS PHYTOSEIID MITES AND THEIR PREY——citrus red mite

Xia Yulu

(Guangdong Entomological Institute)

This paper tries to evaluate and compare the effectiveness of two species of predacious phytoseiid mites, *Amblyseius newsami* and *A. nicholsi*, in controlling their prey population—*Panonychus citri* from three aspects: The intrinsic rates of population natural increase of the three species of mites, the functional and numerical response of two species of predacious mites to the density of the prey. The results show that the two species of predacious mites are able to control the prey population effectively. *A. nicholsi* can reduce the prey populations to low levels more rapidly than *A. newsami* when the density of prey population is high. The population of *A. newsami* may be more stable than *A. nicholsi* in orchards. The result of controlling by *A. newsami* may be better than *A. nicholsi* when the prey population mainly consists of larvae and nymph. The existence of other alternate foods in citrus orchards is of benefit to the predacious mites.

Key words: *Amblyseius newsami*, *A. nicholsi*, natural enemy, prey.